الإحداثيات

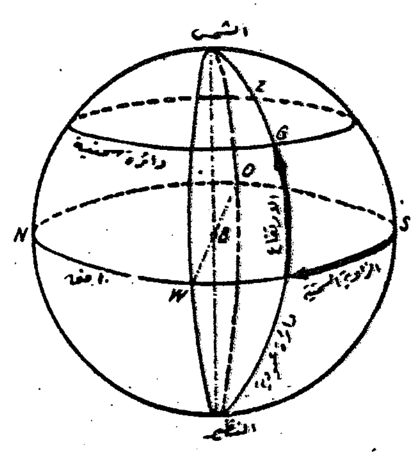
coordinates
coordonnées *(pf)*
Koordinaten *(pf)*

أعداد لتحديد مواقع النقط فى الفضاء أو على الأسطح . ويحدد **نظام الإحداثيات** الطريقة التى تقاس بها الإحداثيات ذاتها . وبواسطة الإحداثيات على سبيل المثال توصف مواقع أو أماكن النجوم على الكرة السماوية . وفى هذا فإننا من مكان المشاهدة ، نتخيل النجوم وكأنها مُسقطة على الكرة السماوية التى تعتبر كمساعد رياضى ذو مقياس إختيارى أى يمكن أن يكون نصف قطرها لا نهائى (معنى ذلك أن الكرة السماوية ليست نظيرا للظاهرة الضوئية للقبة السماوية) . تبدو الأرض متناهية الصغر بالنسبة للكرة السماوية ، أى تعتبر كنقطة بحيث أن تحديد النقط والدوائر على الكرة السماوية ينطبق لكل المشاهدين على الأرض سواء كما لو كانوا جميعا موجودون فى مركز الأرض . وفى حالة إفتراض نصف قطر لا نهائى للكرة السماوية فإن المستويات المتوازية تقطع تلك الكرة فى نفس الدائرة الكبرى . كذلك تتقابل الخطوط المتوازية مع الكرة السماوية فى نفس النقطة . ويمكن تحديد موقع جرم سماوى ما على الكرة السماوية بواسطة **إحداثيات كروية** ، أى بزاويتين مستقلتين .

ويمكن على وجه العموم ، عمل نظام يمنى للإحداثيات عن طريق تحديد مستوى أساس يقطع الكرة السماوية فى دوائر كبرى وكذلك نقطة بداية تكون بمثابة دليل على الدائرة الكبرى نبدأ عنده قياس أحد الإحداثيات على أن يقاس الإحداثى الآخر كزاوية فى إتجاه اليمين من الدائرة الأساسية . وبالتفصيل يستخدم فى الفلك نظم الإحداثيات الآتية :

(١) النظام الأفقى (السمتى)

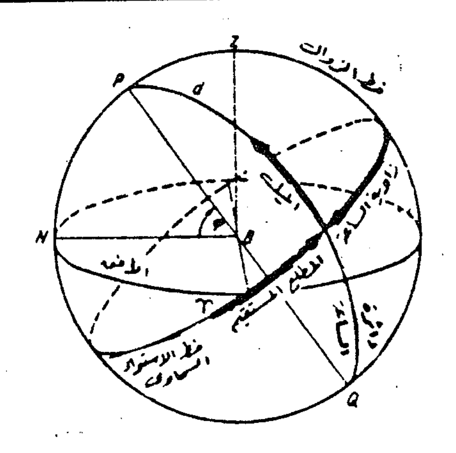
ويُختار فيه المستوى الأساس كمستوى عمودى على إتجاه عجلة التثاقل فى مكان المشاهدة B فيقطع



(١) نظام الإحداثيات الأفقى (السمتى)

الكرة السماوية فى الأفق. أما نقطة الدليل فى هذا النظام فتتخذ نقطة الجنوب S ويبدأ عندها قياس السمت a حتى نقطة تقاطع الدائرة العمودية للجرم السماوى G مع الأفق. وتُسمى بالدوائر العمودية كل الدوائر العظمى ، التى تمر بسمت الرأس Z لمكان الرصد . ويتراوح السمت بين صفر ، ٣٦٠° مقاسا من نقطة الجنوب S مارا بالغرب W فالشمال N ثم الشرق O ، ويمثل أحد إحداثى النظام الأفقى . أما الاحداثية الأخرى فهى الارتفاع h ويكون بالموجب فى إتجاه سمت الرأس وبالسالب فى إتجاه النظير (النقطة المضادة للسمت) . وأحيانا تستخدم المسافة السمتية $Z = (90^\circ - h)$ كإحداثية بدلا من الإرتفاع وتسمى الدوائر الموازية للأفق بدوائر السمت .

ونظرا لميل الدوائر التى تصنعها الأجرام السماوية أثناء دورانها اليومى الظاهرى على كل من مجموعة الدوائر السمتية والعمودية فإن إرتفاع وسمت جرم سماوى ما دائمى التغيير . علاوة على ذلك فإن الإحداثيات ، التى تحددت بإرتفاع وسمت جرم سماوى ما ، تنطبق فقط فى مكان الرصد لأن إتجاه قوة التثاقل يختلف بإختلاف المكان . لهذا فإن التحديد الواضح للموقع يتطلب أيضا إعطاء زمن ومكان الرصد .



(٢) نظام الإحداثيات الاستوائى .

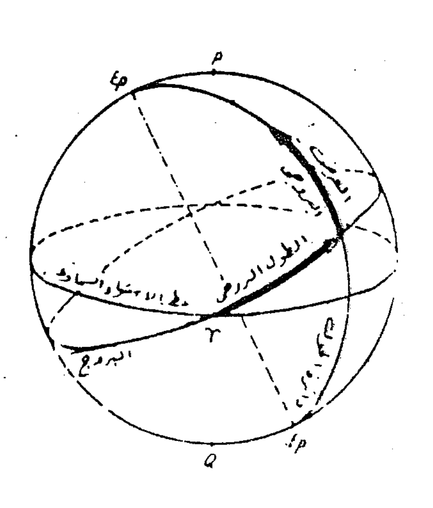
(٢) النظام الاستوائى :

وفيه مستوى خط الإستواء الأرضى هو المستوى الأساسى ويقطع الكرة السماوية فى مستوى الإستواء السماوى . وكنقطة دليل تُستخدم نقطتين مختلفتين (أ) فى حالة **نظام زوايا الساعات أو النظام الاستوائى الثابت** فإننا نختار نقطة تقاطع خط الاستواء السماوى مع خط الزوال وتكون الزاوية المحصورة بين هذه النقطة ونقطة تقاطع دائرة الساعة المارة بالجرم السماوى مع خط الاستواء السماوى عبارة عن زاوية الساعة τ وتستعمل كإحداثية ، على أن تقاس بالساعات والدقائق والثوانى من صفر حتى ٢٤ ساعة فى إتجاه الحركة اليومية الظاهرية للجرم السماوى . أما الإحداثية الأخرى وهى الميل δ فتقاس من خط الإستواء السماوى على دائرة الساعة للجرم السماوى من صفر حتى ٩٠° وتكون موجبة فى إتجاه القطب الشمالى وسالبة فى إتجاه القطب الجنوبى للكرة السماوية . ويرمز بدوائر الساعة إلى كل الدوائر العظمى العمودية على خط الإستواء السماوى والتى تمر بكل من القطب الشمالى والجنوبى ، وأحيانا تستخدم المسافة القطبية d حيث $d = 90^\circ - \delta$ بدلا من الميل . فى الوقت الذى تظل فيه إحدى الأحداثين ، الميل δ ، ثابته أثناء الحركة اليومية الظاهرية للنجم ، وذلك لأن النجوم تتحرك على دوائر موازية لخط الإستواء السماوى ، فإن زاوية الساعة لجرم سماوى ما تتغير بإستمرار . وتعطى هذه الزاوية الزمن الذى إنقضى منذ آخر عبور لخط الازوال . ولما كان وضع خط الزوال مرتبطا بمكان المشاهدة فإن زاوية الساعة تعتمد أيضا على مكان المشاهدة ولهذا فإن التحديد الواضح للمواقع يحتاج كذلك إلى معلومات عن مكان الرصد وزمنه . (ب) يصبح النظام الإستوائى غير معتمد على مكان الرصد إذا شاركت نقطة الدليل نفسها فى الحركة اليومية الظاهرية للنجوم ، الشئ الذى يحققه **نظام المطلع المستقيم أو النظام الإستوائى المتحرك** ، وفيه يتم إختيار نقطة الربيع γ كنقطة دليل (بدلا من نقطة تقاطع خط الإستواء السماوى مع خط الزوال) . وتسمى الزاوية بين كل من نقطة الربيع ونقطة تقاطع دائرة الساعة الموجود عليها الجرم السماوى مع خط الإستواء السماوى بالمطلع المستقيم α ويقاس فى إتجاه مضاد لاتجاه حركة النجوم اليومية الظاهرية بالساعات والدقائق والثوانى .وزاوية الساعة التى تمر بنقطة الربيع هى عبارة عن الزمن النجمى وقت الرصد . وعلى ذلك فإن زاوية ساعة جرم سماوى ما تساوى الزمن النجمى مطروحا منه المطلع المستقيم لهذا الجرم السماوى .

يتضح من ذلك أن الإحداثيات فى نظام المطلع المستقيم غير معتمدة على أى من حركة الجرم اليومية الظاهرية أو مكان الرصد . لذلك يتخذ هذا النظام كأساس لتحديد مواقع النجوم فى المصنفات والخرائط .

(٣) النظام البروجى :

لتحديد مواقع أجسام المجموعة الشمسية فإننا نختار فى الغالب مستوى البروج كمستوى أساس فى النظام الإحداثى كما نختار نقطة الربيع كدليل لقياس الإحداثى الآخر ، وهو الطول البروجى λ . ويُقاس الطول البروجى من نقطة الربيع (فى نفس إتجاه الحركة السنوية الظاهرية للشمس) حتى نقطة تقاطع دائرة الطول ، المارة بالجسم السماوى ، مع



(٣) نظام الإحداثيات البروجى

دائرة البروج . ويطلق إسم دائرة الطول على كل دائرة عظمى عمودية على دائرة البروج أى تمر بقطبى دائرة البروج E_p . ويقاس الطول البروجى بالدرجات من صفر حتى ٣٦٠° . أما الإحداثية الأخرى ، العرض البروجى B ، فتقاس من دائرة البروج على طول دائرة الطول المارة بالجرم السماوى بالدرجات ، وتكون موجبة فى إتجاه القطب الشمالى وسالبة فى إتجاه القطب الجنوبى .

يتضح من الأرصاد أن المستوى الأساس فى كل من النظام الإستوائى والنظام البروجى أى مستوى الإستواء الأرضى والمستوى البروجى على التوالى لا يظلان ثابتين بل إن لهما زحزحة كونية ودورية ناشئة من ← السبق والترنح . وتبعا لزحزحة المستويات الأساسية وما ينشأ عنه من تغيير فى موقع نقط الدليل فإن إحداثيات نقطة ما بذاتها على الكرة السماوية تتغير بمرور الزمن . لهذا فإن إحداثيات جرم سماوى تتطلب أيضا معلومات دقيقة عن وضع المستوى الأساسى وعن نقطة الدليل . وغالبا ما تُنسب الإحداثيات إلى مستوى أساس متوسط لحقبة معينة مثلما يقال بالنسقةة لاعتدال معين كالبداية الفلكية لسنة محددة ، مثلا ١٩٥٠ . على أن تعطى هذه الحقبة كرمز مع الإحداثيات مثل α 1950 .

(٤) النظام المجرى :

يستخدم غالبا فى دراسة توزيع النجوم فى مجرة سكة التبانه نظاما من الإحداثيات يكون فيه مستوى التماثل لتوزيع النجوم الظاهرى بمثابة المستوى الأساسى . ويقطع هذا المستوى الكرة السماوية فى دائرة كبرى (مستوى الإستواء المجرى) قريبة من الخط المتوسط فى سكة التبانه . ويتم التحديد الدقيق لهذا المستوى وكذلك قطبيه عن طريق الدراسات الإحصائية والراديوية . وقد تحددت النقطة α = ١٢س ٤٩ق ، δ = ٢٧° ٤ كقطب شمالى مجرى (حقبة ١٩٥٠) . والإحداثية الأولى فى هذا النظام هى الطول المجرى ويقاس من إتجاه مركز المجرة إلى نقطة تقاطع دائرة الطول المجرية التى تمر بالجرم السماوى مع مستوى الإستواء المجرى وفى نفس الإتجاه مثل المطلع المستقيم وبالدرجات . أما الإحداثية الثانية العرض المجرى b فيقاس فى إتجاه عمودى من مستوى الإستواء المجرى بالدرجات موجبة فى إتجاه القطب الشمالى وسالبة فى إتجاه القطب الجنوبى . ويتحدد الإتجاه إلى مركز المجرة بالإتجاه إلى المنبع الراديوى القوس والرامى A . ولما كان الطول المجرى

يقاس من نقطة تقاطع مستوى الإستواء المجرى مع مستوى الاىٕستواء السماوى حتى عام ١٩٥٠ فإن الإحداثيات المجرية القديمة تُميز بعلامة II خلف الأعداد وإلى أعلى أما الإحداثيات الحديثة فتميز بعلامة I خلف الأعداد وإلى أعلاها لكل من ℓ ، b . وتقابل النقطة L^{II} = صفر ، b^{II} = صفر (إتجاه مركز المجرة) فى النظام القديم ℓ^{I} = ٦٩ ٣٢٧° ، b^{I} = -٤٠ ١° .

يمكن وصف موقع جرم سماوى بطرق مختلفة بمعلومية زوج من الإحداثيات فى نفس النظام . وتوجد إمكانية تحويل إحداثيات نقطة من نظام إلى آخر . ونعطى هنا فقط المعادلات التى تسمح بحساب الميل δ وزاوية الساعة τ بمعلومية كل من

الارتفاع h والسمت a المقاسين والعكس وذلك إذا عرفنا العرض الجغرافى φ لمكان الرصد

$$\sin a \cos h = \cos \delta \sin \tau$$
$$\sin h = \sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \tau \cos \varphi$$
$$-\cos a \cos h = \sin \delta \cos \varphi - \cos \delta \cos \tau \sin \varphi.$$

الإحداثيات الإستوائية

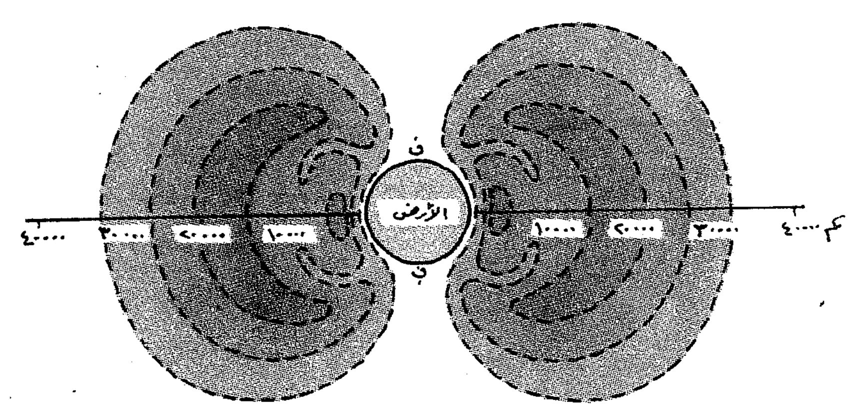
equatorial coordinates
coordonnées equatoriales *(pf)*
äquatorial Koordinaten *(pf)*

نوع من الاحدثيات الفلكية ← الإحداثيات

الأحزمة الإشعاعية

radiation belts
ceintures de radiation *(pf)*
Strahlungsgürtel *pm)*

منطقتان تحيطان بالأرض على شكل حزام توجد فيه على وجه الخصوص كثير من جسميات ← الأشعة الكونية (الشكل). أكتشف الأحزمة الإشعاعية فان ألن عام ١٩٥٨ على أساس قياسات الأقمار الصناعية. وتتأرجح إرتفاعات الأحزمة الإشعاعية. فبينما وجدت الداخلية منها على إرتفاعات بين ١٠٠٠ إلى ٦٠٠٠ كم توجد الخارجية منها على إرتفاعات بين ١٥٠٠٠ إلى ٢٥٠٠٠ كم فوق سطح الأرض. وفى كلا الحالتين فإننا نعنى أقصى شدة إشعاع. وليست الأحزمة الإشعاعية واضحة التحديد تماما. ولكنها تمثل مناطق أعلى فى إشعاعها عما يجاورها. تنشأ الأحزمة الإشعاعية من إقتناص المجال المغناطيس الأرضى لجسميات الأشعة الكونية (البروتونات والإليكترونات) وتخزينها. يغلب فى الحزام الداخلى وجود البروتونات عالية الطاقة، بينما يتكون الحزام الخارجى فى الغالب من إليكترونات ذات طاقة موزعة على نطاق واسع. وتتذبذب الجسميات بسرعات عالية على طول خطوط المجال بين قُطبَى المغناطيس الأرضى هنا وهناك. وقد أعطت القياسات كثافات تبلغ حوالى ٥٠٠٠٠ جسما لكل سم^{3} فى الثانية عند أقصى شدة للأحزمة الأشعاعية، أما دون ذلك فإن شدة الإشعاع فى الأحزمة الخارجية متغيرة بشدة مع الزمن وثابته نسبيا فى الأحزمة الداخلية. وتشكل الأحزمة الإشعاعية أحدى مكونات ← مجنيتو سفير الأرض.



رسم تخطيطى لمتساويات شدة الإشعاع الكونى فى مستوى زوال الأرض. وشدة الاشعاع فى المناطق؛
البيضاء من ١٠ إلى ١٠٠ جسيم. سم$^{-2}$. ث$^{-1}$
الرمادية الفاتحة من ١٠٠ إلى ١٠٠٠ جسيم سم$^{-2}$. ث$^{-1}$
الرمادية المتوسطة من ١٠٠٠ إلى ١٠٠٠٠ جسيم سم$^{-2}$. ث$^{-1}$
الرمادية الداكنة أكثر من ١٠٠٠٠ جسيم سم$^{-2}$. ث$^{-1}$.

أحزمة فان ألن

Van Allen belts
ceintures de Van Allen *(pf)*
Van Allen Gürtel *(pm)*

←—— الأحزمة الإشعاعية للأرض

الإحصاء النجمى.

stellar statistics
statistique stellaire *(sf)*
stellar Statistik *(sf)*

هو أحد مجالات الفلك ويأخذ على عاتقه دراسة المجموعات النجومية من حيث ظروف حركاتها الداخلية وكذلك توزيعها فى الفضاء. وتحتل أبحاث سكة التبانه مكان الصدارة فى هذه الدراسات. ولما كانت مجموعة نجومية ما تحتوى على عدد يصل حتى ١٠٠ بليون نجم فإنه يبدو من غير الممكن معاملة كل نجم على أنه جسم قائم بذاته، أى تحديد خواص كل نجم ومكانه وسرعة حركته فى الفضاء على حده. من هنا كان لابد من الاستعانة بالطرق الإحصائية التى تفسح فيها الخواص الذاتية لكل جسم المجال للخواص الوسط لجميع الأجسام. تكون المصنفات النجومية الكبيرة أسس الإحصاء النجمى وخصوصا تلك التى تحتوى على عدد كبير من النجوم. ومن مادة الأرصاد هذه يتم إنتقاء مجموعات لها خصائص واحدة مثل اللمعان المطلق، والمكان فى الفضاء وظروف الحركة ... إلخ ويستخرج عدد النجوم التى لها هذه الصفة المميزة وذلك لوحدة المساحة. ويمثل ←—— عدد النجوم الذى نحصل عليه بهذه الطريقة الأبعاد التى يستعين بها الاحصاء النجمى فى دراساته.

على الرغم من أن الاحصاء النجمى يتجه إلى إحتواء جميع النجوم فى السماء بقدر الإمكان إلا أنه يصطدم بصعوبات لا يمكن تفاديها إذ يزداد عدد النجوم بدرجة كبيرة مع النقص فى اللمعان الظاهرى. ولو إعتبرنا عدد النجوم الكلى فى السماء ٣٠٠٠ حتى القدر السادس فإن عددها حتى القدر ١٢ يبلغ حوالى مليون وعددها حتى القدر ١٨ يصل حوالى ١٥٠ مليون. من هنا فإنه يُقتصر تبعا لإقتراح العالم الفلكى «كبتَين» على بضع ←—— حقول مختارة وموزعة بإنتظام فى السماء ويتم تحديد أعداد النجوم لكل منها. على أن ما ينتج من مادة الرصد هذه من قيم يمكن أن تكون ممثلة لكل الكرة السماوية، على الرغم من أن الجزء الذى تغطية الحقول المختارة من السماء صغير جدا. إن أحد المهام الرئيسية للإحصاء النجمى هى إستنتاج كثافة النجوم فى الفراغ، أى عدد النجوم فى وحدة الحجم. وأكبر ما يهمنا فى هذا الشأن هو توزيع الكثافة فى المنطقة القريبة من الشمس. وكان من الممكن أن تكون هذه المهمة سهلة إلى حد ما لو أن كل النجوم لها نفس اللمعان المطلق، إذ فى تلك الحالة يصبح اللمعان الظاهرى مقياسا لأبعاد النجوم، وتكون كثافة النجوم متناسبة مع عددها الذى نشاهده. لكننا نعرف أن اللمعان المطلق للنجوم متناثر فى نطاق عريض وعندما ننتقل فى أثناء تعداد النجوم من لمعان ظاهرى m إلى اللمعان الأقل منه فإننا نجد، حتى على الأبعاد الصغيرة نسبيا من الشمس، نجوما لا يحتويها هذا اللمعان بسبب خفوت إشعاعها. أى أن إستنتاج كثافة النجوم فى الفضاء ليس ممكنا بدون تحفظات من التعداد الظاهرى لهذه النجوم. ومن البداية يمكن حساب قيمة النجوم الخافتة من تعداد النجوم وذلك إذا كان الشيوع النسبى للنجوم بالإعتماد على اللمعان المطلق معروفا، أى ←—— دالة قوة الإشعاع معروفة.

هناك صعوبة أخرى تتمثل فى وجود سحب من المادة الغير نجمية منتشرة فى الفضاء بين النجوم. وتمتص هذه السحب جزءا من ضوء النجوم الموجودة خلفها فتظهر بذلك أضعف مما هى فى الحقيقة. ولما كانت قيمة إضعاف الضوء عموما غير معروفه فإننا لا نستطيع إستنتاج المسافات بمعرفة اللمعان المطلق. يؤثر ذلك فى حالة سكة التبانه فتبدو كثافة النجوم صغيرة

إذا لم نتدارك الإمتصاص غير النجمى ، وذلك لأن النجوم تبدو أبعد مما هى فى الحقيقة . إن توزيع السحب الغير نجمية والداكنة غير موحد أى أن هناك إختلاف فى الكثافة على المستوى الكبير غير الذى نحصل عليه من علاقات التأثير على اللمعان .

الظاهرى وتبعا لإقتراح «كبتِين» فإننا نسير على طريقة حسابية خاصة لتعين كثافة النجوم مع مراعاة وجود تلك المادة التى بينها وتسمى هذه بطريقة «كبتِين» . وفى هذا الشأن توضع بعض الافتراضات عن التوزيع الفضائى للنجوم ، وعن دالة قوة الإشعاع (التى تختلف مع المكان) وعن توزيع مادة ما بين النجوم . ثم يتم بعد ذلك لوحدة المساحة حساب عدد النجوم التى لها لمعان ظاهرى معين ، أى عدد النجوم التى يمكن أن نشاهدها تحت الفروض الموضوعة ثم نقارن هذه الأعداد مع الأعداد التى نشاهدها فعلا .

ونظل نغير فى الافتراضات حتى يتطابق العدد المرصود فعلا مع العدد المستنتج نظريا . وليس هذا دائما ممكنا تماما وبوضوح ؛ إذ لا بد فى هذه الحالات من إجراء فحوص مكملة . وترجع ميزة الطريقة إلى إمكانية إكتشاف التأرجحات المحلية فى الكثافة . وإذا ما أخذنا علاوة على ذلك الفرض الإحصائى النجمى مجموعات نجومية خاصة ، لها نفس الخواص الفيزيائية مثل النوع الطيفى أو أى متغير آخر ، فإنه ينتج من ذلك إستنتاجات أكثر حدة ودلالة وذلك بسبب التغاضى عن إفتراضات نموذج دالة قوة الإشعاع . ولهذه الأغراض تُختار بالتحديد النجوم التى تتساوى أو تتقارب فى لمعانها المطلق .

تعتمد معلوماتنا عن سكة التبانه على نتائج الإحصاء النجمى ، وذلك لأن جزاء كبيرا مما نعرفه عن هذه المجموعة جاء إلينا من الدراسات الإحصائية النجمية لكثافة النجوم وعلاقات حركاتها فى الفضاء .

لكنه لا بد من الإعتراف بأننا نحصل على معلومات مؤكدة فقط نعن المنطقة القريبة من الشمس . ويرجع ذلك إلى أنه فى إحصاء النجوم عندما تنتقل إلى لمعان أقل نتدارك بدرجة أكبر النجوم ذات اللمعان المطلق الأعلى ، لأن النجوم الأخفت فى لمعانها المطلق توجد على مسافات أبعد ولا يمكن تداركها . بهذا فإن أعداد هذه النجوم لا تمثل كل الحقل النجمى . ومن ناحية أخرى فإن كثافة مادة ما بين النجوم تزداد بالاتجاه إلى مركز مجرة سكة التبانه بدرجة تزيد كثيرا من صعوبة تعداد النجوم فى هذا الإتجاه وسبب ثالث هو أنه بنقص اللمعان الظاهرى حتى اللمعان الذى جرى به إحصاء النجوم فإن الفضاء الجديد يزداد فى حجمه إضطراديا دائما . ويتمثل هذا الفضاء بمخروط منفرج زاوية رأسه مساوية لقيمة الحقل المُختار . والمتوسطات الإحصائية لا تمكننا بهذا من إستنتاج دقائق فى توزيع الكثافة .

ويرجع الفضل فى معلوماتنا عن التوزيع الظاهرى والفضائى للمجموعات النجمومية الخارجية إلى الإحصاء النجمى فى المقام الأول .

الإختلاف الإستوائى الأفقى للمنظر

equatorial horozontal parallax
parallaxe horozontale equatoriale *(sf)*
äquatorial - horizontal Parallaxe *(sf)*

إختلاف المنظر .

الإختلاف القمرى

equation of the center
inégalité de la lune *(sf)*
Ungleichung des Mondes *(sf)*

إضطراب فى ← حركة القمر .

إختلاف المنظر للشمس

solar parallax
parallaxe solaire *(sf)*
Sonnenparallaxe *(sf)*

هو الزاوية التى يرى عليها نصف القطر الإستوائى للأرض عند مركز الشمس ؛ وأدق قيمة لإختلاف منظر الشمس تقدر بنحو ٨,٧٩٤١٨١ً . ولما كان نصف القطرا الإستوائى للأرض معروف بالمقياس

الطولى – ٦٣٧٨,٣٨٨ كم – فإنه ينتج من ذلك ومن إختلاف منظر الشمس وبعلاقة هندسية بسيطة بعد الشمس عن الأرض بالوحدات الطولية . وتدخل هذه المسافة فى القياسات الهامه لمسافات النجوم بطرق مباشرة أو غير مباشرة (←—— إختلاف المنظر) . ولتعيين أبعاد النجوم فإننا نقيس أساسا إختلاف المنظر النجمى فى السماء الناتج عن حركة الأرض فى مدارها حول الشمس . ومن قيمة هذا الإختلاف ومقدار المسافة بين الأرض والشمس نستنتج مسافة النجم . وربما إنتقلت من هنا الأخطاء التى قد تكون موجودة فى إختلاف المنظر للشمس إلى تقديرات مسافات النجوم والمجموعات النجومية الأخرى . لهذا يجب مراعاة الدقة الكافية فى تعيين إختلاف المنظر للشمس حتى نتفادى التزييف الممكن حدوثه فى مسافات النجوم .

إن التعيين المباشر لإختلاف المنظر للشمس وبالتالى المسافة بين الأرض والشمس من الناحية العملية غير ممكن . اذ لابد فى هذه الحاله من رصد نفس النقطة على قرص الشمس أو حافتها من نقطتين على سطح الأرض معروف المسافة بينها . ويتعذر تعيين ذلك بالدقة الكافية نظر لأن حافة الشمس فى حركة دائمة بسبب عدم إستقرار الهواء . من أجل هذا السبب يُستخدم فى التعيين الدقيق لإختلاف المنظر الشمسى طرقا غير مباشره . وعلى أساس قانون كبلر الثالث يمكن تقدير فارق الأبعاد النسبية داخل المجموعة الشمسية بدقة كبيرة إذ أن فترة دوران الأجسام السماوية حول الشمس وكذلك الأبعاد النسبية بين هذه الأجسام يمكن إستنتاجها بدقة . ومن خلال القياسات المطلقة لبُعدٍ بذاته داخل المجموعة الشمسية يمكن تحويل الأبعاد النسبية إلى أبعاد مطلقة . بذلك يمكن أيضاً الحصول على البعد بين الشمس والأرض الذى نبحث عنه على سبيل المثال بالكيلو مترات . أى أن ذلك يعتمد فقط على تحديد البعد المطلق لأى جسم فى المجموعة الشمسية عن الأرض . من أجل هذا تطورت طرقا دقيقة يتم بواسطتها تعيين مسافات الكواكب والكوكبات التى تقترب على وجه الخصوص من الأرض كثيرا . فكلما إقترب الجسم السماوى من الأرض كلما إزداد إختلاف منظره مع ثبات البعد بين مكانى الرصد على سطح الأرض ، أى إزدادت الزاوية بين الخطين الواصلين من الجرم السماوى إلى كل من نقطتى الرصد على الأرض ، وبذلك تزداد الدقة التى تقاس بها هذه الزاوية . مثل هذه الأرصاد ، للكواكب والكويكبات ، تمتاز بكون هذه الأجسام أقل لمعانا وأكثر وضوحا فى تحديدها عن الشمس ، الشئ الذى يعمل على زيادة دقة القياس كثيرا . وفى هذا المجال فإن أدق ما نتج من قيم هى للكويكب إيروس ، الذى إقترب من الأرض أثناء الإستقبال الشمسى عام ١٩٣٠/١٩٣١ إلى مسافة ٠,١٧ وحدة فلكية . ولا يقترب من الكواكب إلى مسافة قريبة من الأرض إلا المريخ والزهرة ، إلا أن الدقة فى إستخدامها لتعيين الأختلاف الشمسى للمنظر أقل نسبيا من إستخدام إيروس .

وحاليا فإن أكبر دقة لتعيين الإختلاف الشمسى للمنظر نحصل عليها بواسطة تكنيك الرادار (←—— طريقة صدى الراديو) . وفى هذا الشأن فإننا نبعث من الأرض نبضة راديوية ويتم رصد صداها المنعكس على كوكب ما أو على القمر . وبمعلومية الزمن الذى تطلبته النبضة الراديوية فى قطع المسافة بين الأرض والجسم العاكس والعودة ثانية إلى الأرض وكذلك سرعة الموجات الكهرومغناطيسية (سرعة الضوء) ، يمكن مباشرة تعيين مسافة الجسم . ثم عن طريق قانون كبلر الثالث تنتج المسافة بين الأرض والشمس . هذا ويصطدم التنفيذ العملى بعديد من الصعوبات ، لأن النبضات الراديويه تتغير بعد الإنعكاس وتضعف بشدة . وعلى الرغم من ذلك فإن الدقة التى نحصل عليها كبيرة جدا .

تبلغ أدق قيمة لمتوسط المسافة بين الأرض